



CHAPITRE 11

LASERGRAMMÉTRIE

La **lasergrammétrie** consiste à déterminer les formes et les dimensions d'un objet à partir de données LIDAR.



Figure 286. Nuage de points représentant la cour du lycée Dorian à Paris. © Leica Geosystems : logiciel Cyclone



LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement)

LIDAR : Light Detection And Ranging

La technologie Laser Scanner connaît un développement sans précédent et s'apprête à révolutionner la production des données topographiques en 3 dimensions. La capture de la réalité en 3D, associant nuages de points scannés, photogrammétrie numérique et positionnement GNSS, annonce la fin progressive de la topographie ponctuelle au profit de la topographie surfacique et la généralisation des bases de données. Elle représente l'un des plus importants gisements d'activité économique dans les années à venir.

À côté des méthodes de relevé 3D terrestres statiques, se développent les techniques cinématiques aériennes et terrestres (Mobile Mapping System) combinant simultanément les technologies scanner laser, GNSS, photogrammétrie, navigation inertielle...

Les champs d'application sont les suivants :

- industrie ;
- urbanise ;
- énergie ;
- construction ;
- ingénierie ;
- topographie ;
- archéologie ;
- architecture ;
- immobilier ;
- SIG ;
- VRD ;
- accidentologie...

I. INFORMATIONS 3D D'UN LEVER LIDAR

La plupart des scanners lasers enregistrent :

- un nuage de points relevé en 3D (coordonnées locales) ;
- la réflectivité de chaque point (rapport de l'énergie électromagnétique réfléchi sur l'énergie incidente) ;
- des photos numériques.

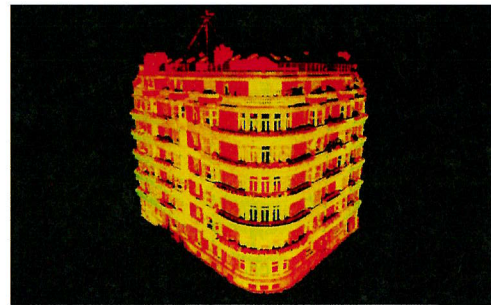


Figure 287. Nuage de points avec réflectivité
© Leica Geosystems (Cabinet Fauquembergue et Lemaire)



Figure 288. Photographie numérique
© Leica Geosystems (Cabinet Fauquembergue et Lemaire)

À l'aide de ces informations, il est possible :

- d'affecter à chaque point du nuage le code couleur du pixel correspondant sur la photo (code RVB : Rouge, Vert, Bleu) ;
- de réaliser des surfaces 3D dont les maillages sont texturés à partir des photographies (clones 3D).



Figure 289. Surface texturée à partir des photographies
© Leica Geosystems (Cabinet Fauquembergue et Lemaire)



Figure 290. Nuage de points colorisé avec les codes RVB, assemblé, et nettoyé
© 3D Reshaper

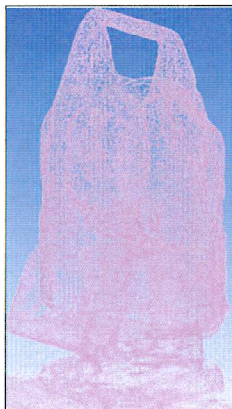


Figure 291. Triangulation de Delaunay (MNT)
© 3D Reshaper



Figure 292. Ombrage plat du MNT
© 3D Reshaper



Figure 293. Texturage du MNT à partir des photos
© 3D Reshaper

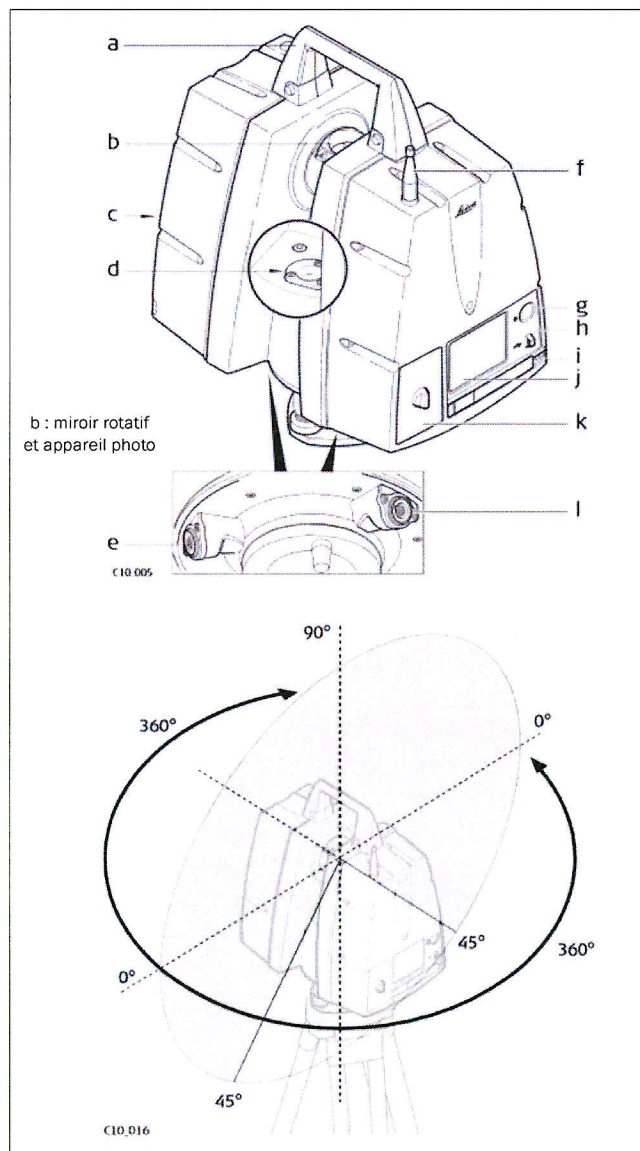


Figure 294. © Leica Geosystems C10

II. LA TECHNOLOGIE SCANNER LASER

L'appareil est équipé d'un miroir rotatif permettant le balayage vertical (profil) d'un rayon laser.

Le pas vertical définit la distance entre deux points successifs sur un profil vertical, et le pas horizontal définit la distance entre deux profils verticaux successifs.

Les réglages des pas sont définis par l'opérateur et conditionnent la qualité de la définition de l'espace relevé. Il est possible de limiter le lever selon des fenêtres, ce qui a pour avantages de diminuer le temps d'acquisition et le volume des données enregistrées.

Les mesures d'angles horizontaux, verticaux et de distances obliques sont effectuées respectivement à l'aide d'encodeurs angulaires et d'un distancemètre laser.

Le scanner laser capte aussi l'intensité de chaque impulsion (réflectivité). S'il est équipé d'une caméra vidéo, à chaque impulsion laser sera associé le code RVB (rouge, vert, bleu).

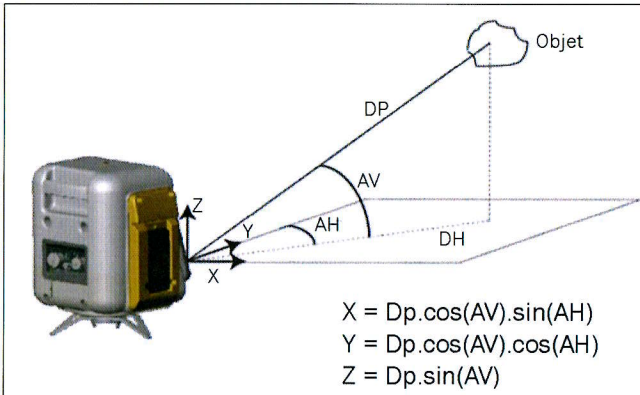


Figure 295. Coordonnées d'un point dans le système local de l'appareil © DR

Voyons les **paramètres importants**.

A. Le pas de la rotation (horizontale et verticale)

Il conditionne la résolution du nuage de points. La densité de points est donc directement proportionnelle à la distance (non constante) séparant l'appareil des objets à relever.

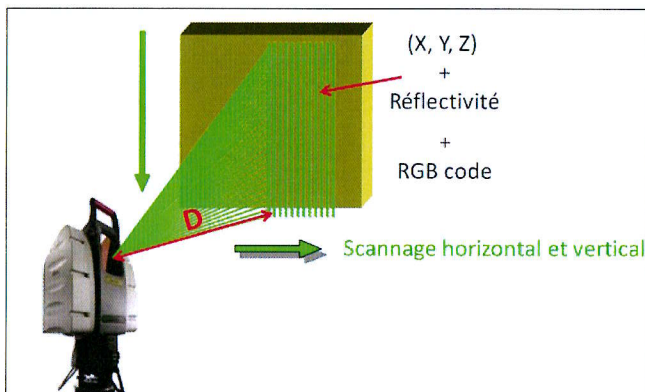


Figure 296. © DR

La densité spatiale des points permet d'appréhender les détails avec plus ou moins de précision.

Ce paramètre est essentiel et dépend du cahier des charges fixé par le client.

(Rappel : 5 mm à 30 m font un angle de 1 cgon).

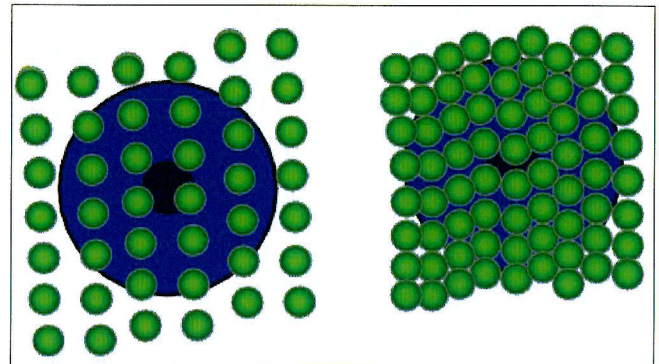


Figure 297. © DR

7 pre-set point spacings (mm at 10 m)				
Spacing mm	Quality level			
	1	2	3	4
50	00:20	00:20	00:28	---
25	00:33	00:33	00:53	01:43
12,5	00:58	01:44	03:24	06:46
6,3	01:49	03:25	06:46	13:30
3,1	03:30	06:47	13:30	26:59
1,6	13:33	27:04	54:07	---
0,8	54:07	1:48:13	---	---

Tableau 51. Exemple de temps d'observation en fonction de la résolution choisie : Leica Geosystems P20

Le niveau de qualité est fonction de la redondance des points (nombre de balayages plus important).

! Pour une résolution de 1 cm à 30 m, il faudra choisir 3,1 mm à 10 m, puis le niveau de qualité souhaité, ce qui fait varier la durée du lever de 3 min 30 s à 26 min 59 s (sans fenêtrage), soit presque un rapport 10 !

B. La taille du spot lumineux

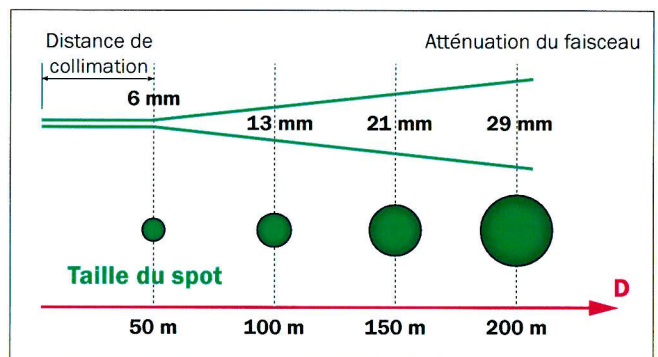


Figure 298. © ECS

La dimension du spot conditionne la précision des détails relevés et la détection des discontinuités.

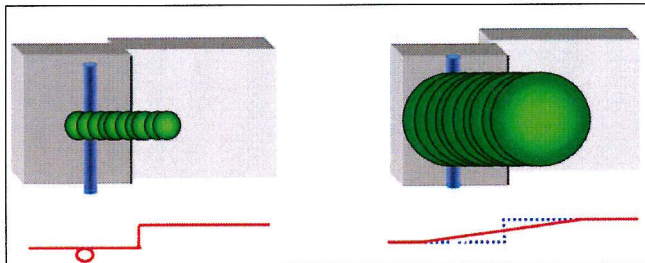


Figure 299. © DR

En fonction de la précision recherchée, certaines distances ne devront pas être dépassées.

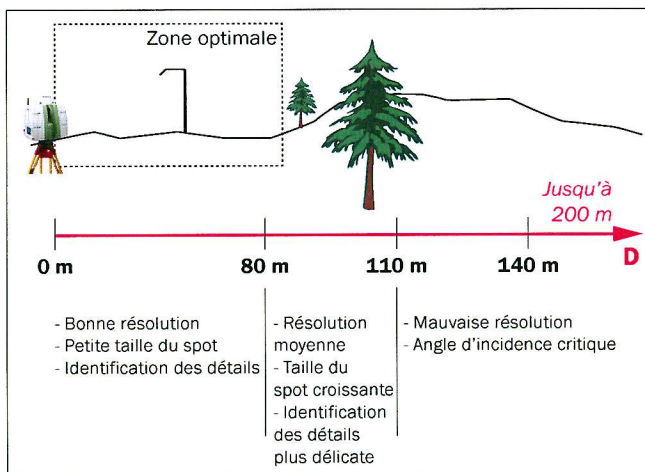


Figure 300. © ECS

C. Le type de laser utilisé

Deux technologies existent : la mesure du temps de vol ou du décalage de phase.

1. Mesure du temps de vol

L'appareil émet un faisceau laser pulsé.

La distance est calculée à partir de la mesure du temps mis par le signal pour parcourir l'aller et le retour.

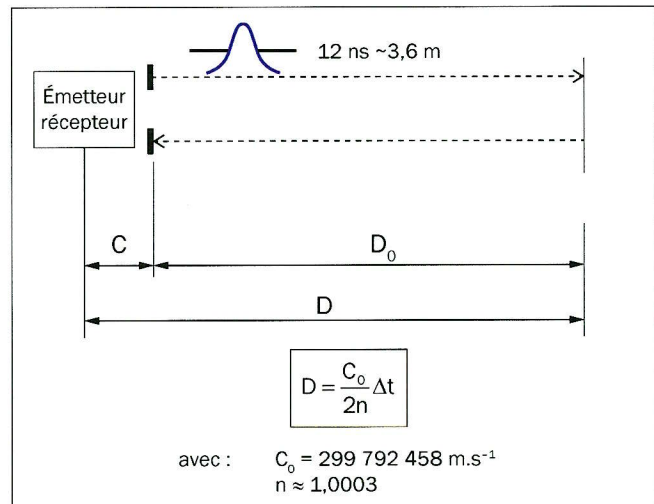


Figure 301. © ECS

2. Mesure du décalage de phase

L'appareil émet un faisceau laser continu modulé en amplitude.

La distance à l'objet est déterminée à partir de la mesure différence de phase entre le signal émis et le signal reçu, à l'aide d'un phasemètre numérique.

$$D = \frac{\Delta\phi}{2\pi} \frac{C_0}{2nf_m} = \frac{\Delta\phi}{2\pi} \frac{\lambda}{2}$$

avec : $n = 1,0002818$

$p = 1013,25 \text{ mbar}$ ($T = 12^\circ\text{C}$; $H = 60\%$)

$\lambda = 0,85 \mu\text{m}$

Les scanners à temps de vol ont en général des portées plus longues, mais une fréquence d'acquisition moindre (donc un temps passé plus long). L'évolution récente des technologies rapproche les performances des deux types de scanners.



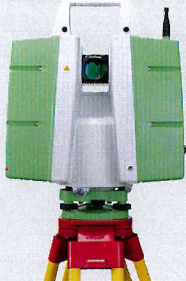
Modèle	Faro Focus 3D	Leica C10	Leica P20																								
Spécification																											
Technologie	Décalage de phase	Temps de vol	Temps de vol																								
Fréquence scan	Jusqu'à 976 000 pts/sec	Jusqu'à 50 000 pts/sec	Jusqu'à 1 000 000 pts/sec																								
Précision	Position 3D : 2 mm(**) (jusqu'à 25 m)	Position 3D : 6 mm(*) Modélisation : 2 mm Cible : 2 mm	Position 3D : 3 mm(*) Modélisation : 1 mm Cible : 2 mm																								
Portée	0,6 – 120 m(**)	0,1 – 300 m(**)	0,1 – 120 m(**)																								
Taille du spot	3 mm – Divergence : 0,19 mrad	4,5 mm jusqu'à 50 m	2,8 mm – Divergence : 0,2 mrad																								
Compensateur bi-axial	Capteur bi-axial Précision : 0,015° (54")	Précision : 1,5"	Précision : 1,5"																								
Appareil photo	Jusqu'à 70 megapixels	4 megapixels par image couleur 17° x 17°	5 megapixels par image couleur 17° x 17°																								
Température	5°C à 40°C	0°C à 40°C	-20°C à 50°C																								
Avantages / inconvénients	Scanner ultra rapide, léger Limité en portée	Scanner plus encombrant, mais polyvalent	Scanner ultra rapide, très précis Limité en portée																								
(*) 1 – 50 m de portée (**) dépend de l'Albédo (rapport d'énergie solaire réfléchi par une surface sur l'énergie solaire incidente) :		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type de surface</th> <th>Albédo (0 à 1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Surface de lac</td> <td>0,02 à 0,04</td> </tr> <tr> <td>Forêt de conifères</td> <td>0,05 à 0,15</td> </tr> <tr> <td>Surface de mer</td> <td>0,05 à 0,15</td> </tr> <tr> <td>Sol sombre</td> <td>0,05 à 0,15</td> </tr> <tr> <td>Cultures</td> <td>0,15 à 0,25</td> </tr> <tr> <td>Sable léger et sec</td> <td>0,25 à 0,45</td> </tr> <tr> <td>Calcaire</td> <td>environ 0,040</td> </tr> <tr> <td>Glace</td> <td>environ 0,060</td> </tr> <tr> <td>Neige tassée</td> <td>0,40 à 0,70</td> </tr> <tr> <td>Neige fraîche</td> <td>0,75 à 0,90</td> </tr> <tr> <td>Miroir parfait</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Type de surface	Albédo (0 à 1)	Surface de lac	0,02 à 0,04	Forêt de conifères	0,05 à 0,15	Surface de mer	0,05 à 0,15	Sol sombre	0,05 à 0,15	Cultures	0,15 à 0,25	Sable léger et sec	0,25 à 0,45	Calcaire	environ 0,040	Glace	environ 0,060	Neige tassée	0,40 à 0,70	Neige fraîche	0,75 à 0,90	Miroir parfait	1
Type de surface	Albédo (0 à 1)																										
Surface de lac	0,02 à 0,04																										
Forêt de conifères	0,05 à 0,15																										
Surface de mer	0,05 à 0,15																										
Sol sombre	0,05 à 0,15																										
Cultures	0,15 à 0,25																										
Sable léger et sec	0,25 à 0,45																										
Calcaire	environ 0,040																										
Glace	environ 0,060																										
Neige tassée	0,40 à 0,70																										
Neige fraîche	0,75 à 0,90																										
Miroir parfait	1																										

Tableau 52. Comparatif entre les scanners lasers Faro et Leica-Geosystemes

3. Les logiciels

Les logiciels jouent un rôle très important dans le traitement de la donnée 3D.

Les différentes phases du traitement peuvent être résumées de la façon suivante :

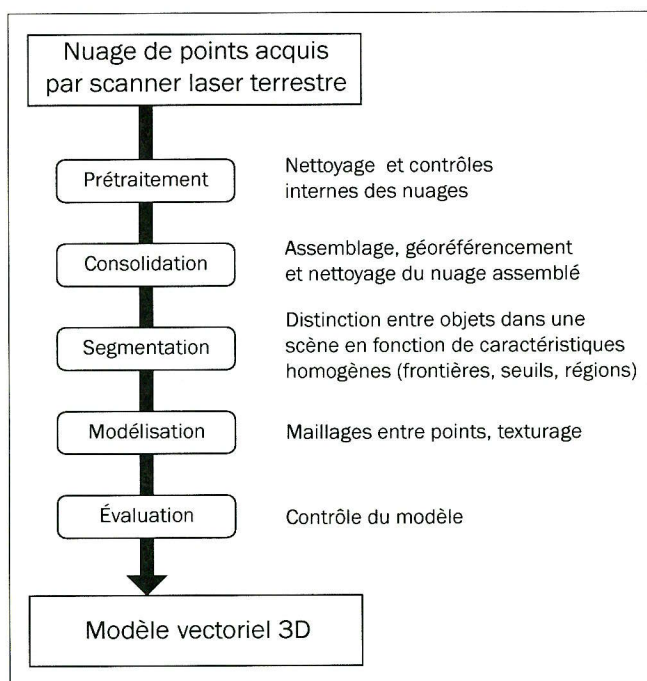


Figure 302. © ECS

Les caractéristiques et performances des logiciels sont très variables, en rapide évolution, ce qui ne facilite pas une analyse exhaustive de cette activité en plein développement. Dans cet ouvrage dédié à la topographie, nous en resterons aux techniques d'acquisition de la donnée 3D, prétraitement et consolidation (assemblage de nuages de points géoréférencés).

III. STRATÉGIES D'OBSERVATIONS

A. Informations générales

- Varier les points de vue pour éviter les zones masquées.
- Distance moyenne D : 30m.
- Résolution (cas général) : 1 pt/cm.
- Dans les zones communes, la résolution est environ doublée.

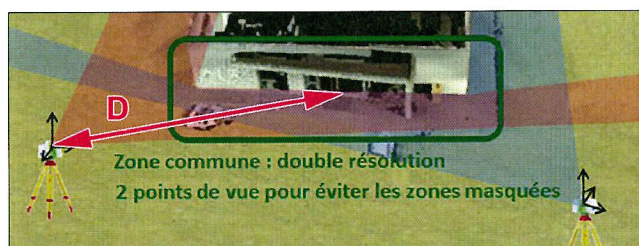


Figure 303. © Leica Geosystems



Figure 304. Logiciel Cyclone © Leica Geosystems

Attention : éviter les faisceaux trop parallèles aux objets levés, car :

- le spot est déformé ;
- la résolution chute rapidement ;
- les distances croissent rapidement, donc la précision diminue ;
- l'intensité du signal reçu est faible (réflectivité faible).

On peut distinguer principalement trois méthodes de relevé statique topographique :

- stations connues en coordonnées ;
- stations libres avec cibles ;
- stations libres sans cible (nuage nuage).

B. Stations connues en coordonnées

Dans ce cas, les stations sont préalablement déterminées dans un système de coordonnées cohérent, soit local, soit géoréférencé (GNSS, cheminement polygonal) :

1. Les stations « arrière » et « avant » sont détectées et relevées précisément par le scanner (cibles), par le biais de fenêtrages, avec la qualité maximale (distance souvent supérieure à 100 m). Le vertex (centre) est automatiquement détecté dans le nuage de points.
2. Scanner ensuite uniquement les zones d'intérêt par des fenêtrages bien ajustés. Choisir la bonne résolution. Cas général : 1 pt/cm, distance 30 m.
3. Les nuages étant directement assemblés dans le même système de coordonnées, aucun assemblage ne sera nécessaire en traitement différé.

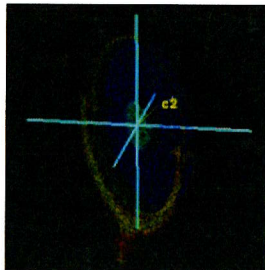


Figure 305. Cible Leica-Geosystems scannée © Leica

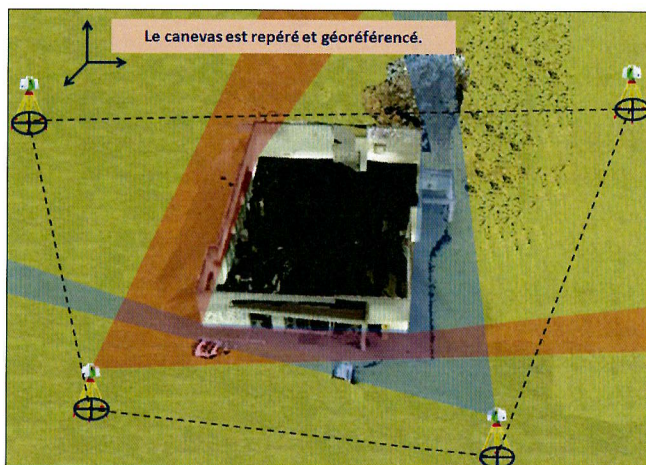


Figure 306. © DR

- **Avantage** : méthode précise, s'appuyant sur un géoréférencement préalable.
- **Inconvénients** : manque de souplesse pendant le lever, temps passé à choisir et matérialiser les stations.

C. Stations libres avec cibles

Des cibles sont disposées sur le terrain de telle façon à être relevées depuis plusieurs stations. L'emplacement des stations est judicieusement choisi pour optimiser les zones masquées et la résolution.

- Prévoir 3 cibles en commun pour chaque couple de stations.
- Les nuages seront assemblés ultérieurement à l'aide d'une adaptation d'Helmert.
- Les cibles peuvent être géoréférencées par GNSS ou cheminement polygonal.

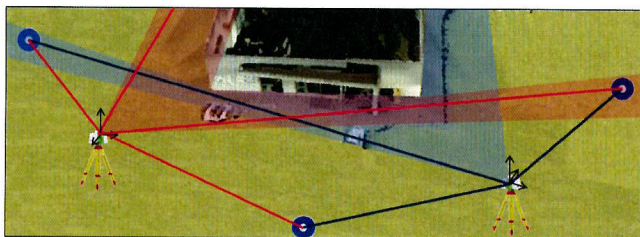


Figure 307. © DR

Sur le terrain :

1. Toujours commencer par relever les cibles par le biais de fenêtrages, avec la qualité maximale (distance souvent supérieure à 100 m). Le vertex (centre) est automatiquement détecté dans le nuage de points.
2. Scanner ensuite uniquement les zones d'intérêt par des fenêtrages bien ajustés.
3. Choisir la bonne résolution. Cas général : 1 pt/cm, distance 30 m.
4. En cas de proximité d'une façade, doubler les stations en recherchant à éviter les distances trop pentues (voir l'encadré « Attention » page 161) :

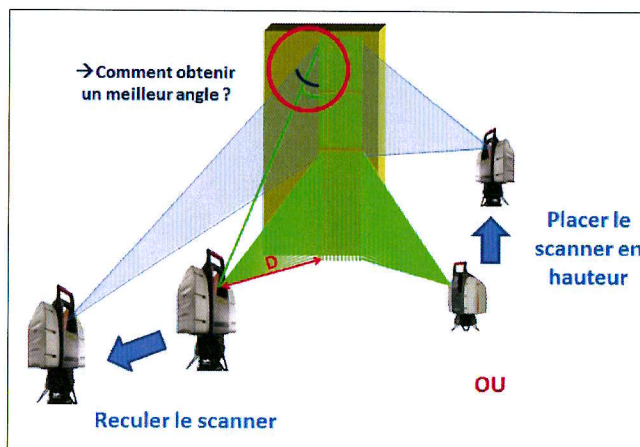


Figure 308. © DR

- **Avantages** : méthode précise, s'appuyant sur un réseau de cibles géoréférencées, souplesse dans le choix et le nombre de stations.
- **Inconvénients** : temps consacré à l'emplacement des cibles, attention particulière à la stabilité des cibles communes aux différentes stations.

D. Stations libres sans cible (nuage nuage)

Dans ce cas, les stations sont libres, sans utilisation de cibles. Le nuage assemblé sera obtenu par la superposition des nuages relevés depuis chacune des stations.

- **Avantages** : méthode la plus rapide, la plus souple d'utilisation.
- **Inconvénients** : en cas de levés comportant un grand nombre de stations, en cas de levé linéaire (voirie, intérieurs...), l'accumulation des erreurs de calage « nuage-nuage » va dégrader la précision interne du levé.

Utilisation : le plus souvent en levé d'intérieur.

Les distances sont courtes, donc la précision est bonne.

La multiplicité des stations obligerait à consacrer beaucoup de temps à la mise en place judicieuse de multiples cibles.

Conseil : en cas de levé linéaire, introduire quelques cibles visibles depuis de nombreuses stations, de façon à mieux contrôler la géométrie du futur assemblage.

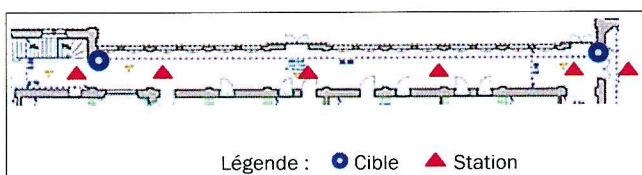


Figure 309. Exemple : levé d'intérieur © DR

IV. PRÉTRAITEMENT

Après transfert des données dans l'ordinateur, les logiciels de traitement de nuages de points permettent d'intervenir individuellement sur chaque nuage :

- nettoyage des points extérieurs aux zones d'intérêt ;
- vérification de la conformité des données au cahier des charges (résolution...) ;
- vérification de la bonne couverture du levé ;
- vérification des cibles (matricules identiques dans les différents nuages de points, hauteurs).

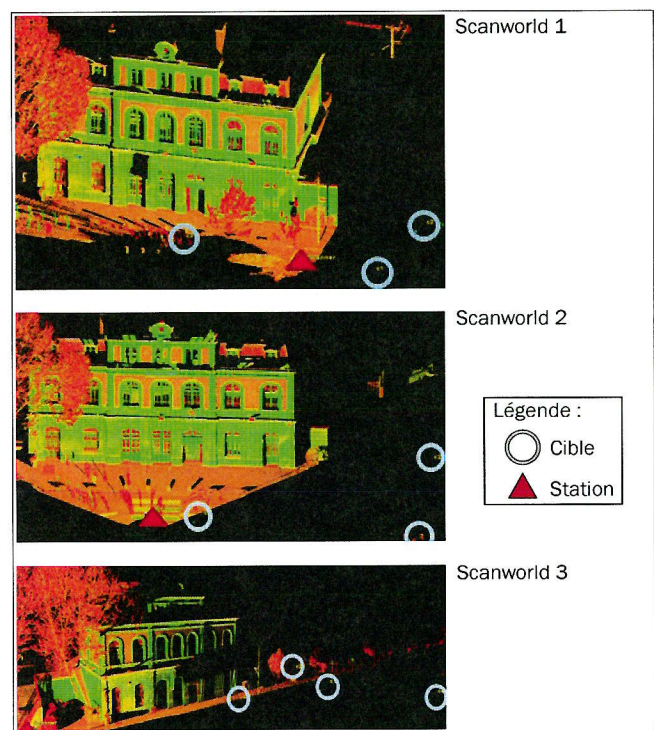


Figure 310. Exemple de levé de façade depuis 3 stations à l'aide d'un Leica Geosystems C10, avec 4 cibles © Leica

V. CONSOLIDATION

Il s'agit d'assembler l'ensemble des nuages levés séparément dans des systèmes indépendants, soit dans un système local (par exemple l'un des Scanworld), soit géoréférencé en (E,N,H), puis de nettoyer le nuage assemblé.

La consolidation préconisée correspond à la méthode n°2 utilisant des cibles communes et identifiées de la même façon dans les différents nuages de points (voir § C, page 162).

Dans tous les cas (géoréférencement ou non), il est conseillé de calculer une première adaptation d'Helmert permettant d'évaluer les erreurs internes au levé (contrôle d'intégrité). Les cibles sont communes mais aucun jeu de coordonnées n'est imposé.

Il est à noter que la transformation recherchée est une similitude 3D, dans laquelle le facteur d'échelle est 1 et la direction de l'axe Z est commune aux trois nuages de points (selon la précision du compensateur bi-axial).

Exemple du lever de façade précédent, traité avec Leica Cyclone :

ConstraintID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector
c3	Station-001	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.002) m
c1	Station-001	Station-002	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.001, 0.001) m
c2	Station-001	Station-002	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.001) m
c2	Station-001	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, -0.001, 0.001) m
c3	Station-001	Station-002	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, -0.001) m
c3	Station-002	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, -0.001) m
c2	Station-002	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m

Figure 311. Résidus (dX,dY,dZ) de la transformation d'Helmert dans le système du Scanworld n°1 © DR

Ensuite, si les cibles ont été géoréférencées, une nouvelle adaptation d'Helmert permettra d'intégrer les erreurs propres aux opérations de rattachement. La précision globale est fournie par l'EMQ calculé sur la base des résidus 3D.

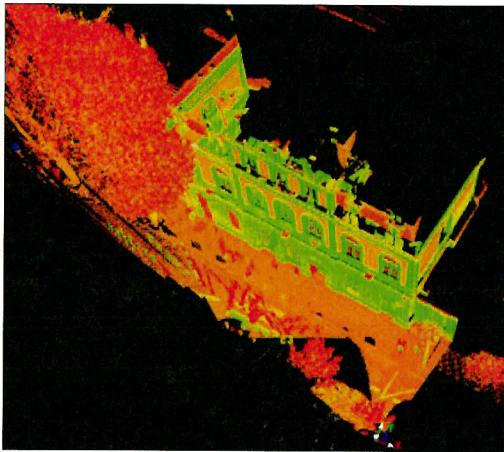


Figure 312. Façade précédente assemblée © Leica

ConstraintID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector
c1	Station-001	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.002 m	(-0.002, -0.001, 0.001) m
c1	Station-001	topo issy bt.	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.018 m	(0.012, -0.011, -0.007) m
c2	Station-001	Station-002	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.003 m	(-0.002, 0.002, 0.002) m
c2	Station-001	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.002 m	(0.000, -0.002, 0.000) m
c2	Station-001	topo issy bt.	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.013 m	(-0.006, 0.009, 0.003) m
c3	Station-001	Station-002	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m
c3	Station-001	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.004 m	(-0.001, 0.002, -0.003) m
c3	Station-002	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.003 m	(-0.001, 0.001, -0.003) m
c2	Station-002	Station-003	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.005 m	(0.003, -0.004, -0.002) m
c2	Station-002	topo issy bt.	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.010 m	(-0.004, 0.007, 0.006) m
c1	Station-003	topo issy bt.	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.019 m	(0.014, -0.010, -0.008) m
c4	Station-003	topo issy bt.	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.013 m	(-0.009, -0.005, -0.007) m
c2	Station-003	topo issy bt.	Coincident Vertex - V	On	1.0000	0.015 m	(-0.007, 0.011, 0.008) m

Figure 313. Résidus (dX,dY,dZ) de la transformation d'Helmert en RGF-Lambert CC et altitudes IGN69. Les cibles ont été déterminées par GNSS en mode NRTK, occupées deux fois 30 s ©DR

Après nettoyage du nuage assemblé, il est nécessaire d'unifier le nuage : en effet l'assemblage a pour effet de sur-densifier le nuage dans les zones communes, avec des points très proches ayant des valeurs de réflectivité et de code RVB différentes. L'unification du nuage permet l'harmonisation en densité et en radiométrie ; elle est indispensable à la suite du traitement. Lorsque la consolidation est terminée, le nuage peut être utilisé en fonction de la demande du client : visite 3D, orthophoto, plan de façade, coupes, modélisation et texturage...

Exemple :



Figure 314. Orthophoto de la façade, exportée au format tif. Résolution 1 pixel/cm © Leica Cyclone)



Figure 315. Plan de façade (importation de l'orthophoto dans Autocad, puis dessin en 2D) © DR

Analyse :

L'assemblage permet de rassembler tous les angles de vue si l'emplacement des stations est judicieux.

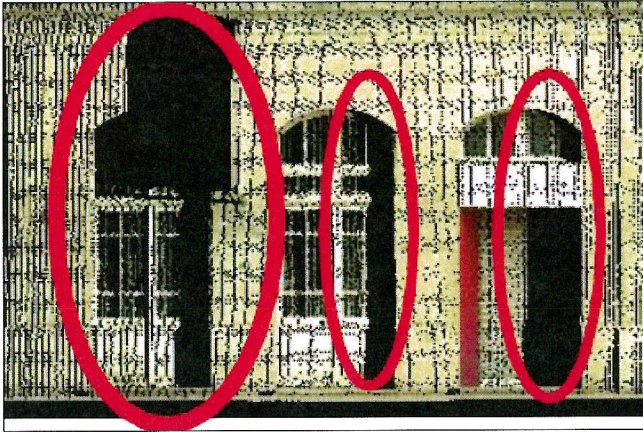


Figure 316. Scanworld 1 © DR

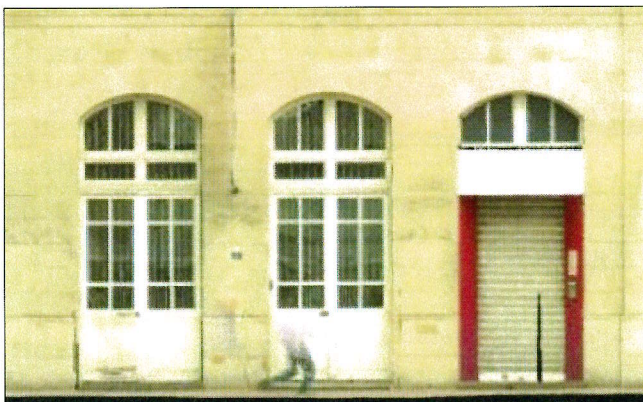


Figure 317. Extrait de l'orthophoto assemblée © DR

La plan de façade (Figure 315, page 164) montre quelles sont les conséquences d'un levé très incliné présentant d'importantes zones masquées communes à plusieurs nuages : il n'est ici pas possible de définir convenablement les zones en retrait au niveau de la toiture. Une ou deux stations plus reculées (ou en hauteur, par utilisation d'un balcon en vis-à-vis ou d'une nacelle) avec une fenêtre de levé limitée à la toiture aurait permis d'achever complètement ce levé par la technologie scanner laser 3D.

VI. CHAMPS D'APPLICATION

Voici un panel non exhaustif de travaux réalisés au scanner laser 3D, permettant de se rendre compte du potentiel de cette technologie, bien au-delà des activités topographiques traditionnelles.

A. Patrimoine

- Dessin d'une charpente sinistrée

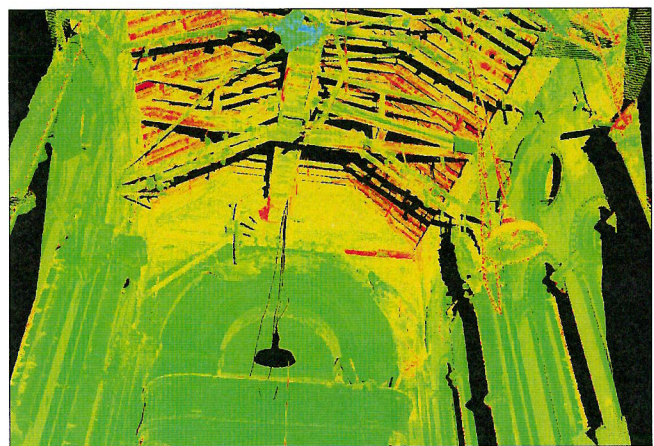


Figure 318. Nuage de points assemblé
© Leica Geosystems (Cabinet Fauquembergue et Lemaire)

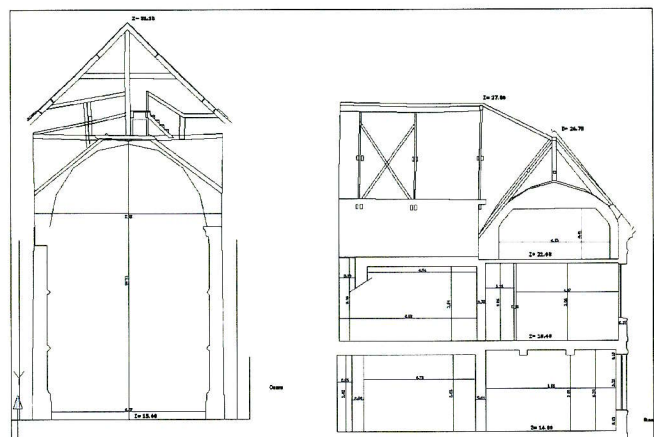


Figure 319. Coupes
© Leica Geosystems (Cabinet Fauquembergue et Lemaire)

• Rénovation d'une façade

Précision : 5 mm.

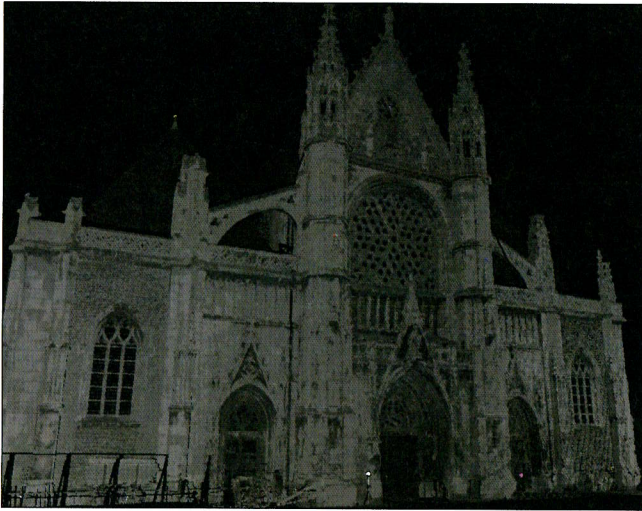


Figure 320. Nuage assemblé
© Leica Geosystems (Cabinet Fauquembergue et Lemaire)

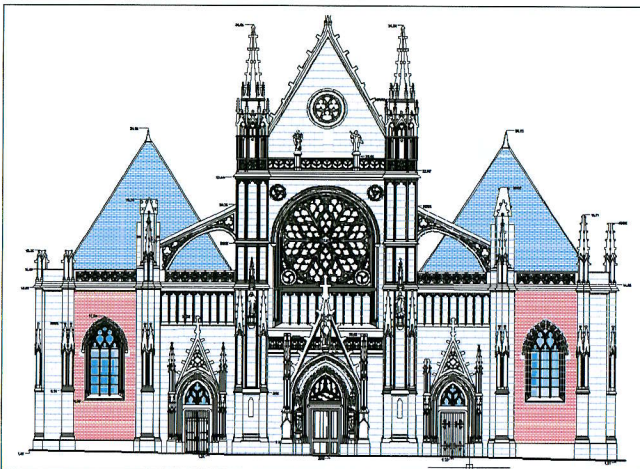


Figure 321. Plan de façade
© Leica Geosystems (Cabinet Fauquembergue et Lemaire)

• Statue

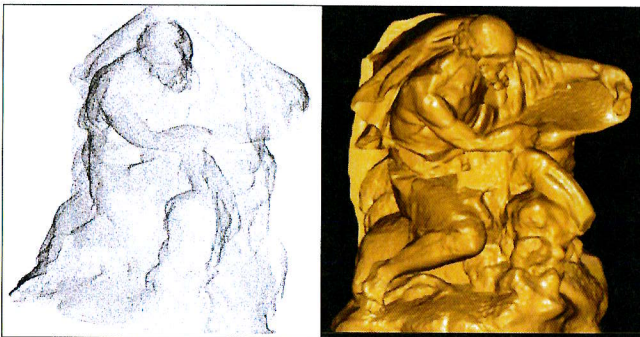


Figure 322. Statue de saint Luc (église Saint-Sulpice, Paris)
© Leica Geosystems (Gexpertise)

B. Topographie

• Lever autoroutier

- Profils en travers.
- Modèle numérique des voies.
- Cotes de passage sous les ponts.
- Précision altimétrique requise : 10 mm

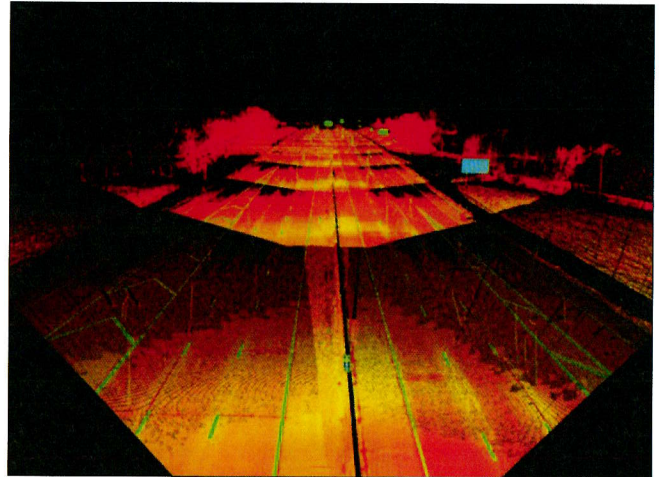


Figure 323. © Leica Geosystems

C. Architecture

• Construction métallique

Analyse des aciers pour préparer un rideau de verre.

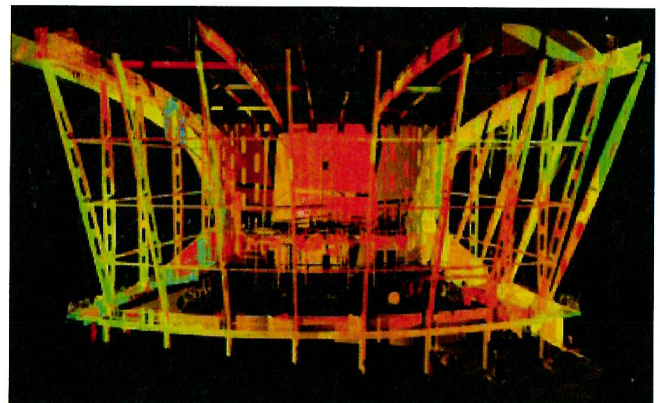


Figure 324. © Leica Geosystems (société Mabat)

• **Building Information Modeling**

Maquette 3D de bâtiments contenant l'ensemble de ses données techniques (directive européenne votée en janvier 2014 concernant les bâtiments financés par des fonds publics à partir de 2016).

Objectif : produire, communiquer, gérer, analyser des modèles de construction.

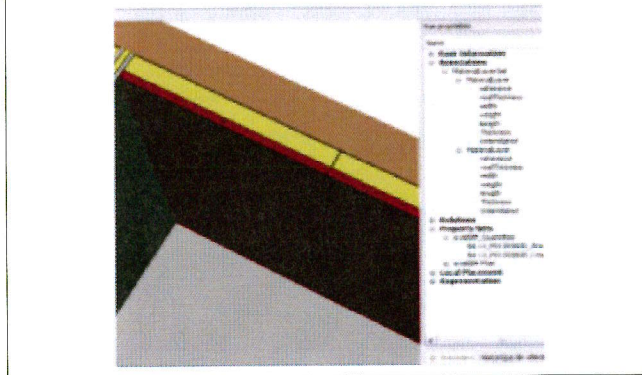
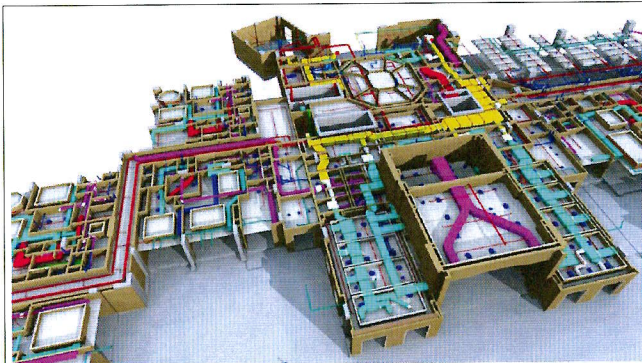


Figure 325. © Autodesk

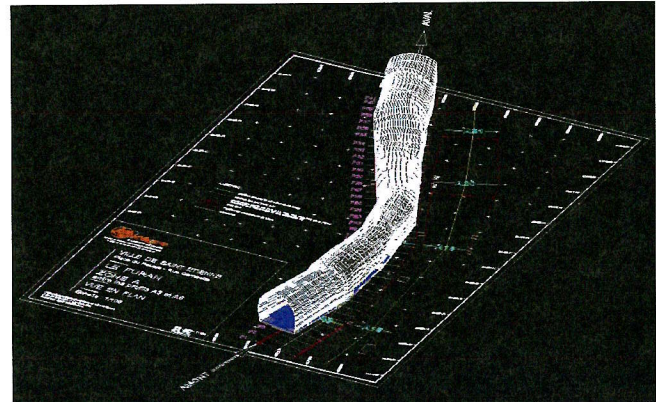


Figure 327. © Leica Geosystems

• **Modélisation d'un pont**

- Élévations.
- Profils en travers.
- Vue en plan.
- Modélisation 3D.

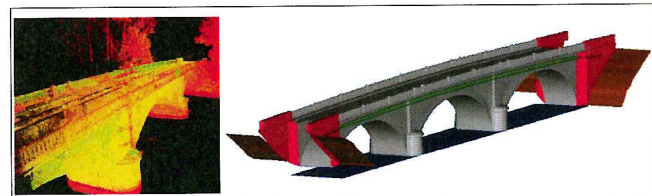


Figure 328. © Leica Geosystems

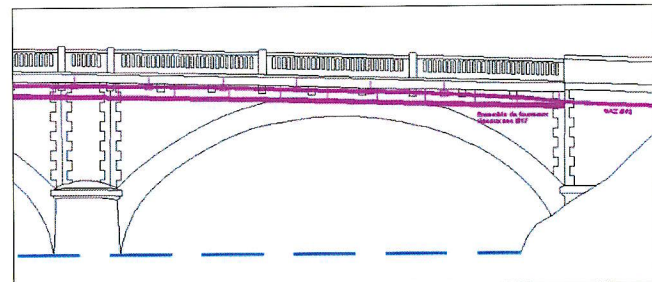


Figure 329. © Leica Geosystems

D. Génie civil

• **Déformations d'un collecteur**

- Profils en travers.
- Modélisation 3D.
- Précision : 10 mm.

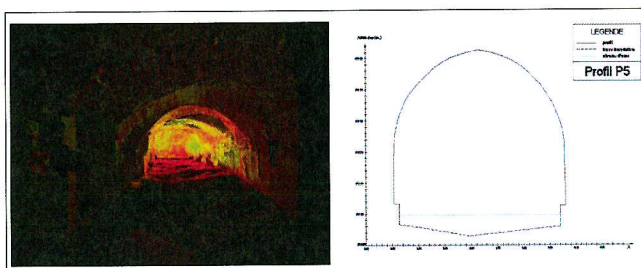


Figure 326. © Leica Geosystems

E. Industrie

• Usine pétrochimique

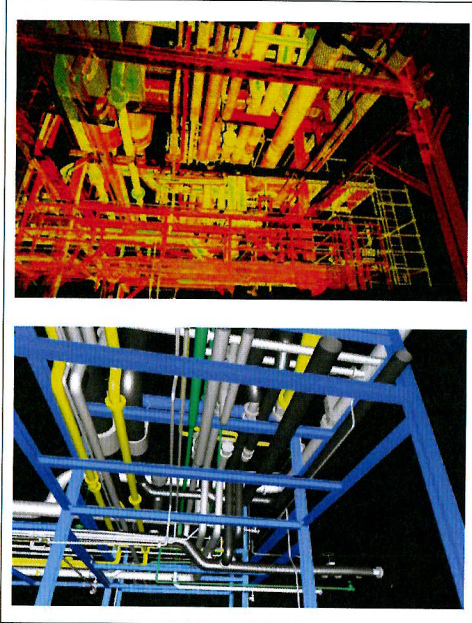


Figure 330. Reconnaissance de formes et modélisation d'éléments normalisés © Leica Geosystems

• Déformation de réservoirs

Inspection de surfaces avec une précision millimétrique :



Figure 331. © Leica Geosystems

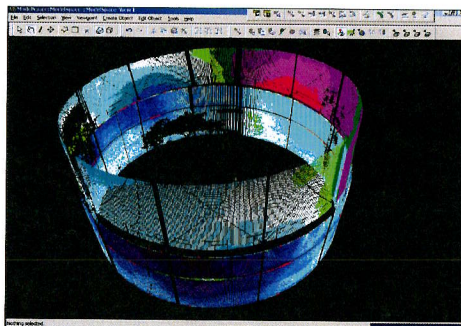


Figure 332. © Leica Geosystems

• Expertise de pylônes EDF

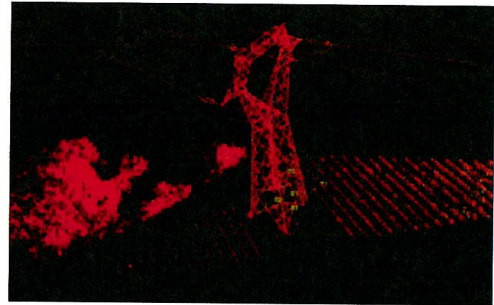


Figure 333. Nuage assemblé © Leica Geosystems

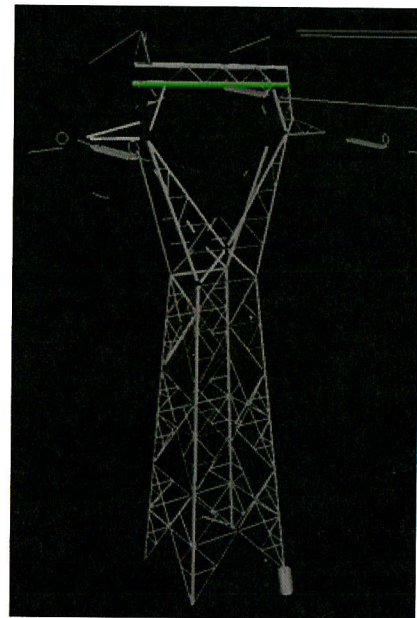


Figure 334. Modélisation 3D d'un pylône © Leica Geosystems

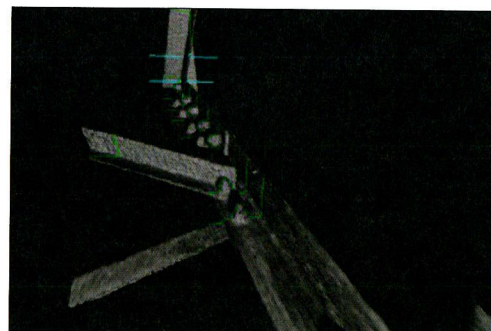


Figure 335. Expertise d'un pylône © Leica Geosystems

F. Criminologie, accidentologie

- Relevé de scènes de crimes

Preuves médico-légales de référence.



Figure 336. © www.deltasphere.com

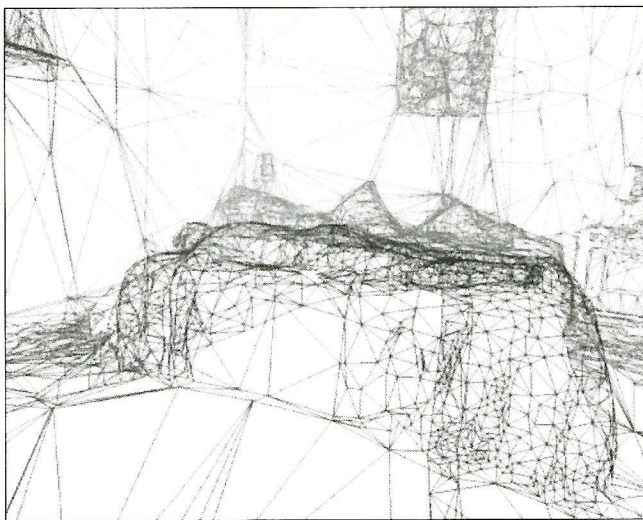


Figure 337. © www.deltasphere.com

G. Scanner Mobile (MMS : Mobile Mapping System)

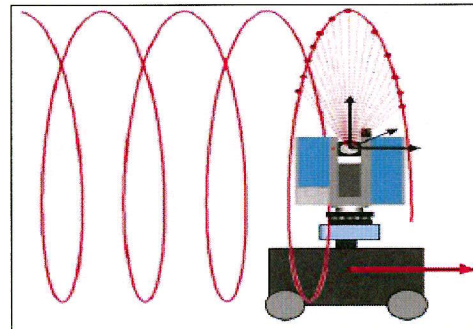


Figure 338. Acquisition hélicoïdale du nuage de points © DR



Figure 339. © Système SITECO (société Geosat)

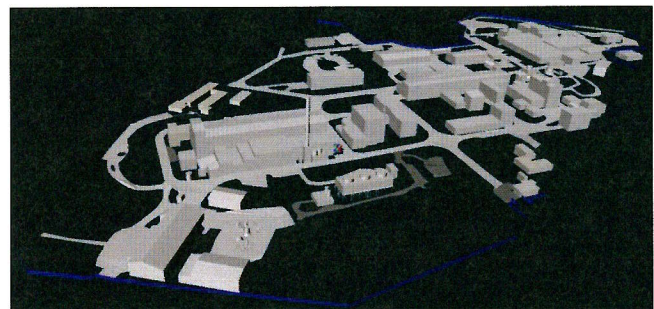


Figure 340. Relevé de plateforme industrielle
© Perazio Engineering (Système Leica Pegasus)

A large rectangular area of light brown paper with horizontal dashed lines for writing. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. The paper has a slightly textured appearance.